

平成 30 年 6 月 14 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(B) (海外学術調査)

研究期間：2015～2017

課題番号：15H05221

研究課題名(和文)釜山港底質浄化プロジェクトの成功と水環境再生技術のアジア諸国への移転

研究課題名(英文) Success of the water environment restoration-project in Busan Port and Transfer of water environment restoration-technologies into Asian countries

研究代表者

日比野 忠史 (HIBINO, TADASHI)

広島大学・工学研究科・准教授

研究者番号：50263736

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,900,000円

研究成果の概要(和文)：釜山新港底質浄化プロジェクトにおいて、石炭灰造粒物(GCA)を用いたアマモ場再生実験が実証された。一方、フィリピン大学(UPD)とのGCA技術交流を進めた結果、フィリピン政府から移転技術の効果が認められ、PRRC(パシッグ川再生委員会)、UPDとともにパシッグ川水系のサンミゲル水路において浄化構造体が構築(実証実験)された。構造体構築後の調査ではUPDとの共同研究態勢を確立して、GCAに関する技術セミナーの開催、教員・学生交流等が実施された。GCA研究では広島大学、釜慶大学校、UPD間で各々の地域特性を考慮した水・底質浄化技術の適用、改善等の実験によりGCAの効果が実証されている。

研究成果の概要(英文)：In the project of remediating sediment in the Busan new port, field experiments were conducted to understand the potential of using granulated coal ash (GCA) as the embankment of eelgrass. On the other hand, the Philippines government recognized GCA-used methods through the technology exchange with the University of Philippines (UPD). As a result, GCA-used remediation structure was constructed for improving water quality in Pasig river's tributary, in collaboration with Pasig River Rehabilitation Commission (PRRC) and UPD. From field observations, the collaborative research frameworks, such as seminar related to the use of GCA and research exchange (professor/student), have been performed. From the GCA researches conducted by Hiroshima University, Pukyong National University, and UPD, GCA-used methods which take regional characteristics into account were proposed, and their effects in improving sediment and water quality were evaluated through laboratory and field experiments.

研究分野：沿岸環境

キーワード：底質浄化 アルカリ剤 微生物燃料電池 有機汚濁

1. 研究開始当初の背景

近年、アジア諸国において開発が進み生態系が劣化した沿岸域における自然環境再生、特に水利用の重要性が高まり、環境修復に関する技術が開発されてきている。しかしながら、修復技術が現地に適用され、事業化できる十分な費用対効果を実証できているわけではない。特に、日本で開発された浄化法が対象国の資本で実規模に実行された例は皆無に近く、発展途上国が自ら行なう非管理型の堆積汚泥浄化技術は発展の外にある。

汚濁が進む閉鎖性水域では、実海域のスケールで確実に底質環境を改善し、水質の安全性向上ができる技術の開発が期待されている。発展途上国においてヘドロ浄化を行うためには、即効性があり、安価な底質浄化技術であることが必要である。発展途上国において新しい浄化技術を実用するためには、現地の流れ場、泥質で行う実規模でのアプローチが必要であるが、技術的課題のみならず、許可申請等、実証までの制約が多く、実用の機会が少ないのが現状である。

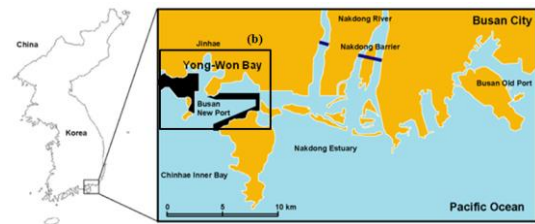
2. 研究の目的

経済活動が優先され、沿岸生態系が崩れたアジア諸国の沿岸域を有効に環境復元できる技術を移転することが目標である。釜山沿岸域で韓国釜慶大学校と共同して現地調査を行うとともに、海底泥浄化技術の開発を行ってきた。釜山新港建設の結果、新港奥部に環境を配慮して水空間（図-1(a)）が残された。しかし、閉鎖的になった内湾では泥質汚濁の進行が極めて早いことが明らかにされ、本調査を通して環境改善の必要性が関係機関に認識されてきた。これを受けて関係機関と協議の結果、西部海域の環境再生（底質改善）プロジェクトを日韓共同で立ち上げた。本プロジェクトで用いる水環境再生方法は申請者らの開発した石炭灰造粒物を用いた底質浄化法と微生物燃料電池であり、釜山市、水産庁の協力のもとに行う日韓両国資本での産官学の共同事業と位置付けられた。

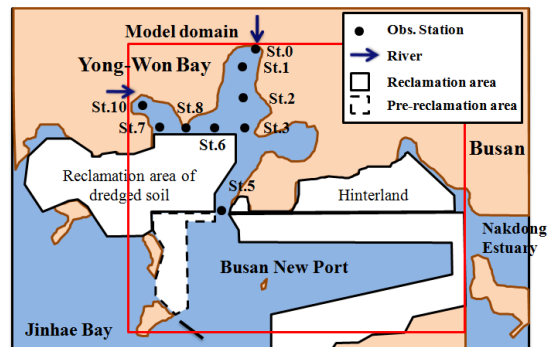
本研究では当湾における本技術の適用方法を確立し、ヘドロ浄化技術をアジア諸国において実用するため、釜山港でのヘドロ浄化実証実験を成功させる。これを足掛かりにアジアへの技術移転を進めることが本研究の目的である。

3. 研究の方法

釜山沿岸域で行った6年間（釜山新港奥では4年間）の現地調査結果を基に竜院湾西海域で石炭灰造粒物を用いた底質浄化の現地実証実験を行っている。本実証実験から対象海域を確実に浄化できるアルカリ剤造粒物



(a) 洛落江河口域周辺（釜山新港~釜山旧港）



(b) 新港の造成により閉鎖性水域となった竜院湾と6年間の研究での調査地点

図-1 調査対象海域の概要

層の構築法と泥層からの電子回収技術を確立し、日韓両国の実状に合った効果の高い浄化法をアジア諸国に移転する。実用化実験では使用するアルカリ材料（現在は石炭灰）の安全性の証明、現地での供給法について検討した。

基本技術を実用化するため新しくプロジェクトに参加したフィリピンメンバーとの室内実験と現地実験準備（石炭灰造粒物の韓国、フィリピンへの輸出、作業工程表の作成等）を行った。施工後には1.5年以上の検証調査を行ない事業化を目指す。

アジアへの普及を行うため、現地で利用できるアルカリ材料（酸化物を溶出できる材料）についても検討し、石炭灰造粒物に代わる粗粒材料の製法を検討した。

実証実験の成功とアジア諸国への普及のためにヘドロ浄化課程を理解するための5つの室内実験を行った。

（実験1）現地を再現した室内実験での機能評価

（実験2）沈降有機泥の造粒物層への堆積機構（堆積分布）

（実験3）造粒物層内に形成された分解環境の制御と生物生息の定量化

（実験4）ヘドロ発電の高度化

（実験5）還元化した有機泥層からのエネルギー回収法の確立

4. 研究成果

平成 29 年度に釜山新港底質浄化プロジェクトに移行するための予算が獲得でき（韓国予算）、石炭灰造粒物（GCA）を用いたアマモ場再生実験が実証された。アマモ場再生実験の実施においては流れ場と底質の汚泥状態に適合したアマモ場再生のためのノウハウが得られるとともに、石炭灰の輸出、散布許可等、海外での現地実験を実行することができた。この成果が評価され、釜山においてヘドロ堆積場の浄化事業に向けた準備が進んでいる。

目標とする技術移転として、フィリピン大学ディリマン（UPD）との GCA 技術交流（技術移転）を進めた。この結果、フィリピン政府から移転技術の効果が認められ、PRRC（パシッグ川再生委員会）、UPD とともにパシッグ川水系のサンミゲル水路において浄化構造体が構築（水質浄化プロジェクト開始）された。浄化構造体構築後の調査では UPD との共同研究態勢を確立して、GCA に関する技術セミナーの開催、教員・学生交流、GCA 研究が実施された。特に GCA 研究では広島大学、釜慶大学校、UPD 間で各々の地域特性を考慮した水・底質浄化技術の適用、改善等の実験により GCA の効果が実証されている。

UPD、PRRC と共同して水質浄化プロジェクトを開始したサンミゲル水路はマニラ湾からパシッグ川の約 4.5km 上流地点で本川に並行して流れる全長約 3km の水路である。この状況はサンミゲル水路において浄化構造体の構築セレモニーが TV 放映される等、プロジェクトへの関心が高まっている（写真-1）。本プロジェクトでは浄化構造体の有効性を評価して石炭灰造粒物（GCA）の浄化能力を示すことでパシッグ川の再生に貢献できる環境修復材であることを実証している。手づまり状態にあるパシッグ川の水質問題を広島大学発の GCA 技術により解決し、マニラ首都圏の水環境の再生に寄与することを目的にして PRRC との共同研究に発展した。

構造体の設計と構築

浄化構造体は流れに対する障害、効果の評価（現地調査）等を考慮して水路拡幅部に護岸に沿って構築された（2018年1月11日完成）。河川水が構造体内部で効率良く浄化される（礫間接触が起こる）ように満潮時には構造体の天端が冠水する高さに構築された。構造体（接触酸化材）に用いられた材料はフィリピン大学で製造した GCA（粒径 1~4cm の球形造粒物：PFA-GCA と CFB-GCA の混合）であり、構造体を自立させるために GCA を詰めた網袋（網目 5 mm）により構造体の枠を構築した。構造体には穴あきパイプ（φ10 cm）が 2 本埋設され、構造体内部の採水を可能にしている。構造体の浄化効果は構造体内部水と河川水質を比較することで確認した。構造体で



図-2 浄化構造体の構築状況とフィリピン TV で日本の調査対象海域の概技術として紹介（PRRC、UPD、広大で共同して構築、構築は日本と異なり自治体から雇用されている若者が実施する。右上は PRRC executive director）

は外枠を含めて GCA からの溶出イオン（Ca²⁺、Fe²⁺等）および礫間接触酸化による栄養塩除去および動植物の付着等による水質浄化が期待されている。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 22 件）

- (1) Narong Touch, Hiroki Takata, Satoshi Yamaji, Tadashi Hibino: Changing Organic Matter Characteristics of Littoral Sediment by Solar Cell-Combined Sediment Microbial Fuel Cell:, International Journal of Environmental Science and Development, Vol.9, 査読有,2018,pp.62-66.
- (2) Narong Touch, Tadashi Hibino, Nobutaka Kinjo, Yuki Morimoto: Exploratory study on improving the benthic environment in sediment by sediment microbial fuel cells, International Journal of Environmental Science and Technology, Vol.15, 査読有,2018, pp.507-512.
- (3) 東 さやか, NASRODEN PAGAYAO, MARIA ANTONIA N. TANCHULING, 日比野忠史: 比国パシッグ川支流・水路に堆積する汚泥と水質の現状, 土木学会論文集 B3(海洋開発), Vol.73, 査読有, 2017, pp.929-934.
- (4) 日比野忠史, 中本健二, 宮田康人, 三戸勇吾: 下水系土壌が堆積する内港の干潟域における底生動植物の初期再生過程, 土木学会論文集 B3(海洋開発), Vol.73, 査読有, 2017, pp.642-647.
- (5) 高田大貴, 森本優希, TOUCH NARONG, 中下慎也, 日比野忠史: 沿岸域の堆積泥を対象とした示差熱分析法の確立, 土木学会論文集 B3(海洋開発), Vol.73, 査読有, 2017, pp.1201-1206.
- (6) TOUCH NARONG, 金城信隆, 日比野忠史,

- 中本健二：堆積泥を燃料とする微生物燃料電池における石炭灰造粒物の有効利用，土木学会論文集 B2(海岸工学)，Vol.72，査読有，2016，pp.1327-1332.
- (7) 金城信隆，TOUCH NARONG，日比野忠史：鉄鋼スラグ混合泥における微生物燃料電池の効用，土木学会論文集 B2(海岸工学)，Vol.72，査読有，2016，pp.1333-1338.
- (8) 中本健二，仁科晴貴，樋野和俊，日比野忠史：還元有機泥覆砂材に活用される石炭灰造粒物の油脂類吸着性能と底質改善効果，土木学会論文集 B3(海洋開発)，Vol.72，査読有，2016，pp.934-939.
- (9) 中本健二，松尾 暢，樋野和俊，日比野忠史：海砂代替材に活用される石炭灰造粒物の長期的な物理化学特性評価，土木学会論文集 B3(海洋開発)，Vol.72，査読有，2016，pp.940-945.
- (10) 中本健二，井上智子，松尾 暢，渡辺健一，樋野和俊，日比野忠史：石炭灰とセメント混合率を調整した海砂代替材の化学組成評価，土木学会論文集 B3(海洋開発)，Vol.72，査読有，2016，pp.420-425.
- (11) 中本健二，井上智子，仁科晴貴，樋野和俊，日比野忠史：還元有機泥堆積干潟で覆砂材に活用される石炭灰造粒物のアサリ生息基盤への適用評価，土木学会論文集 B3(海洋開発)，Vol.72，査読有，2016，pp.1099-1104.
- (12) 森本優希，中本健二，中下慎也，日比野忠史：堆積泥への灰分（ミネラル）の供給と消費機構，土木学会論文集 B3(海洋開発)，Vol.72，査読有，2016，pp.658-663.
- (13) 日比野忠史，金城信隆，TOUCH NARONG：鉄鋼スラグを用いた下水系土壌の有機物分解促進法の検討，土木学会論文集 B3(海洋開発)，Vol.72，査読有，2016，pp.946-951.
- (14) TOUCH NARONG，金城信隆，日比野忠史，中本健二：堆積泥を燃料とする微生物燃料電池における石炭灰造粒物の有効利用，土木学会論文集 B2(海岸工学)，Vol.72，査読有，2016，pp.1327-1332.
- (15) 金城信隆，TOUCH NARONG，日比野忠史：鉄鋼スラグ混合泥における微生物燃料電池の効用，土木学会論文集 B2(海岸工学)，Vol.72，査読有，2016，pp.1333-1338.
- (16) 森本優希，三戸勇吾，中本健二，日比野忠史：堆積泥への底生藻類の発生と種の遷移，土木学会論文集 B2(海岸工学)，Vol.72，査読有，2016，pp.1345-1350.
- (17) 金城信隆，馬渡 聡，NASRODEN PAGAYAO，TOUCH NARONG，日比野忠史：感潮河川に適用した微生物燃料電池における過電圧の低減手法の提案，土木学会論文集 B2(海岸工学)，Vol.72，査読有，2016，pp.1339-1344.
- (18) 中下慎也，森本優希，金城信隆：有機泥に吸着するイオンが及ぼす物理特性に及ぼす影響の把握，日比野忠史，土木学会論文集 B2(海岸工学)，Vol.72，査読有，2016，pp.1321-1326.
- (19) Kyunghoi Kim, Han-sam Yoon, In-Cheol Lee, Tadashi Hibino: An Influence of Salinity on Resuspension of Cohesive Sediment, Journal of Coastal Research, Vol.75, 査読有，2016，pp.68-72.
- (20) Sung-Hoon Ryu, Shinya Nakashita, In-Cheol Lee, Dong-Sun Kim, Jong-Ryol, Tadashi Hibino, Tamiji Yamamoto, Satoshi Asaoka, Kyunghoi Kim: A pilot study on remediation of muddy tidal flat using porous pile, Marine Pollution Bulletin, Vol.114, 査読有，2016，pp.837-842.
- (21) Kyunghoi Kim, Yejin Hyeon, Tadashi Hibino: Creating Eelgrass Beds Using Granulated Coal Ash, Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol.22, 査読有，2016，pp.814-820.
- (22) 桧垣 智，清水直樹，箕作幸治，三戸勇吾，樋野和俊，宮田康人，日比野忠史，土田孝：福山港内港地区における再生資源を活用した底質改善技術の実証と計画，公益法人地盤工学会中国支部論文報告集地盤と建設，Vol.34，査読有，2016，pp.71-80.
- [学会発表] (計 3 件)
- (1) Improvement of water quality by granulated coal ash in the Pasig River and its tributaries, Sayaka Azuma, Asian and Pacific Coasts 2017, 査読有, USB, 2017.
- (2) Thermal analysis (TG-DTA) for identify organic conditions in sediment: Hiroki Takata, Asian and Pacific Coasts 2017, 査読有, USB, 2017.
- (3) Development of electrochemical method for improving water quality, Asian and Pacific Coasts 2017, 査読有, USB, 2017.
6. 研究組織
- (1) 研究代表者
日比野 忠史 (HIBINO TADASHI)
広島大学・大学院工学研究科・准教授
研究者番号：50263736
- (2) 研究分担者
トウ ナロン (TOUCH NARONG)
広島大学・大学院工学研究科・特任助教
研究者番号：50707247
- (3) 研究分担者
中下 慎也 (NAKASHITA SHINYA)
広島大学・大学院工学研究科・助教
研究者番号：90613034